

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-63214

(43)公開日 平成8年(1996)3月8日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 5 B 19/18				
B 2 5 J 9/10	A			
13/00	Z			

G 0 5 B 19/ 18	B
19/ 42	B

審査請求 未請求 請求項の数2 FD (全 12 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-222693

(22)出願日 平成6年(1994)8月25日

(71)出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72)発明者 有松 太郎

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 十文字 隆

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(74)代理人 弁理士 竹本 松司 (外4名)

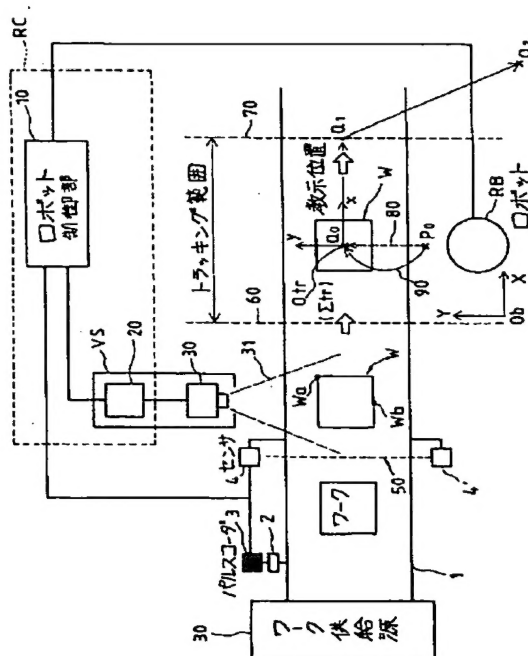
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ビジュアルトラッキング方法

(57)【要約】

【目的】 視覚センサを利用してロボットのトラッキング動作の精度を向上させること。

【構成】 ワークWがセンサ4で検出されると、その時点のバルスコード計数出力値Ns が記憶される。次に、教示された撮影位置への到来をバルスコード計数出力値NのNs からのインクリメンタル量で検知し、カメラ30による撮影を実行し、ワークW上の2点Wa、Wbの基準位置からのずれ量を求める。ワークWがトラッキング開始位置60に到達すると、トラッキング座標系Σtrが移動を開始し、ロボットRBのトラッキング動作が開始される。トラッキング動作中は、検知された位置ずれ量を補償するロボット位置の補正を行なう。ロボットRBは、90°で示した軌道に沿ってワークWに接近・遭遇する。ワークWが位置Q0に到達したらハンドによる把持動作を実行する。ワークWがトラッキング終了位置70に到達すると、ロボットRBのトラッキング動作が終わる。ロボットRBは教示点Q2へ通常の軌道計画に従って移動し、ハンドを開いてワークWを解放する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 搬送手段による対象物の搬送経路の近傍に、前記搬送経路の上流側から順に前記対象物の到来を検出する対象物到来センサ手段とカメラ手段を配置し、前記カメラ手段を有する視覚センサを用いて前記搬送手段によって搬送中の前記対象物の画像を取得し、該画像を解析することによって前記対象物の位置を表わす信号を前記視覚センサ内で生成し、該対象物の位置を表わす信号と前記対象物到来センサ手段の出力信号と前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号に基づいて、ロボットコントローラ内でロボット制御信号を生成するロボットのビジュアルトラッキング方法であって、前記対象物到来センサ手段による対象物の到来検知を視覚センサが認識した時点とを第1の所定距離の対象物搬送が行なわれたことを視覚センサが前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号に基づいて認識した時点で前記対象物の画像の取得がなされ、前記対象物到来センサ手段による対象物の到来検知を前記ロボットコントローラが認識した時点とを第2の所定距離の対象物搬送が行なわれたことを前記ロボットコントローラが前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号に基づいて認識した時点で前記ロボットのトラッキング動作が開始され、前記トラッキング動作実行中のロボット位置は、前記取得された対象物の画像を解析して得られる前記対象物の位置を表わす信号を考慮して、前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号によって移動量が定められるトラッキング座標系上で制御されることを特徴とする前記ビジュアルトラッキング方法。

【請求項2】 更に、前記対象物到来センサ手段による対象物の到来検知を前記ロボットコントローラが認識した時点とを第3の所定距離の対象物搬送が行なわれたことを前記ロボットコントローラが前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号に基づいて認識した時点で前記ロボットのトラッキング動作が終了されることを特徴とする請求項1に記載されたビジュアルトラッキング方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本願発明は、ベルトコンベア等の搬送手段によって移動中の対象物（例えば、組立部品）に対するロボット作業を遂行する為にロボットに該対象物に対するトラッキングを伴う動作をさせる技術に関し、更に詳しくは、視覚センサを利用して、前記移動中の対象物の位置ずれを補正したトラッキング動作をロボットに行なわせる為のビジュアルトラッキング方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】ロボットを利用して対象物に対する作業を実行する場合、対象物が作業中に静止しているケース

であれば、通常のティーチング・プレイバック方式あるいはオフラインティーチング方式によってロボット教示を行なえば、再生運転時に所期のロボット経路移動動作を実現することが出来る。また、対象物の位置（特に断わりのない限り、一般に「姿勢」を含む。以下、同様。）にばらつきがある場合には、視覚センサによって対象物の位置を計測し、計測結果に基づいて教示経路を補正する方法が採用されている。

【0003】工場のプロセスライン等においては、作業対象物となるワークがコンベアで次々と搬送されて行くことが通常である。このようなワーク（対象物）に対してロボット作業を実行するケースでは、大別して次の2つの方法が採用されている。

【0004】[I] 搬送装置を間欠運転とする方法。これは、ワークが搬送装置によってロボット作業位置付近に搬送されてきた時点で搬送装置を一旦停止させ、ワーク専用の治具によって位置決めを行ない、その位置決めされたワーク（静止ワーク）に対してロボットが所期の作業を行なう方式である。

【0005】この方式では、ワークの種類毎に適合した治具が必要とされる。汎用治具を用いる方法もあるが、その場合には治具の構造が複雑となる。

【0006】更に、製造ライン等を構成する搬送装置を間欠的に停止させるタイムロスがある上に位置決め作業が加わることは、作業効率の面からみて明らかに不利である。また、作業効率を上げる為に搬送装置の搬送速度を高速化すると、ワークのすべりの問題や、駆動源の大型化、高コスト化の問題等を招く原因となる。

【0007】[II] ロボットにトラッキング動作を行なわせる方法。これは、搬送装置を停止させることなく、移動中のワークを追尾するトラッキング動作をロボットに行なわせることによって、ワークに対する所期のロボット作業を実現させる方法である。ロボットにトラッキング動作（ここではライントラッキング）を行なわせる従来の方法を図1を参照して簡単に説明すれば、概略次のようになる。

【0008】図1において、符号1はモータを内蔵した駆動部2によって駆動されるベルトコンベアで、その上に載置したワークWを図中左方から右方へ向けて搬送する。コンベア1の走行量（モータの回転量）は、駆動部2に結合されたパルスコード3によって計測される。符号4、4'は、コンベア1の側方または上方に配置されたセンサで、ワークWが符号50で示したラインの位置まで到達したことを検知する。センサ4（以後は4'の記載を省略）には、光学方式、機械方式、磁気方式など種々の型のものが使用される。符号10は、ロボットRB、パルスコード3及びセンサ4に接続されたロボットコントローラで、パルスコード3及びセンサ4からの検出信号を受け取るとともにロボットRBの動作を制御する。

【0009】このような配置の下でトラッキングを行なう手順は以下の通りである。

(1) トラッキング座標系の設定

まず、ロボットRBとコンベア1の座標系の共有化を行なう為に、トラッキング座標系を設定する。例えば、X軸をコンベアの走行方向に合わせてロボットRBに設定済みのベース座標系 $\Sigma_b$  ( $O_b-XYZ$ )に対して、同じ姿勢のトラッキング座標系 $\Sigma_{tr}$  ( $O_{tr}-xyz$ )を設定する。トラッキング座標系 $\Sigma_{tr}$ は、トラッキング範囲60~70にワークWがある間、コンベア1の走行と同期してベース座標系 $\Sigma_b$ に対してX軸方向に移動する座標系である。なお、図中でZ軸、及びz軸は図示を省略した(以下、同様)。

【0010】(2) スケールファクタの決定

トラッキング座標系 $\Sigma_{tr}$ の移動位置は、パルスコード3の計数出力によって決められる。そこで、パルスコード3の計数出力(インクリメンタル量 $\Delta n$ )とそれに対応するコンベア1の走行距離dとの間の関係を表わすスケールファクタ(換算係数) $\alpha = d/\Delta n$ を求める作業を次のような手順で実行する。

【0011】1. ロボットRBの動作範囲の位置にワークをセットし、その時のパルスコード3の計数出力 $n_1$ をロボットコントローラRCに記憶させる。

2. ロボットRBを手動操作して、ワークW上の適当な定点にタッチし、その時のロボット位置( $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $Z_1$ )をロボットコントローラRCに記憶させる。

3. コンベア1を適当な距離だけ走行させ、ロボットRBの動作範囲内の適当な位置にワークを停止させ、その時のパルスコード3の計数出力 $n_2$ をロボットコントローラRCに記憶させる。

4. ロボットRBを手動操作して、ワークW上の適当な定点にタッチし、その時のロボット位置( $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $Z_2$ )をロボットコントローラRCに記憶させる。なお、前記仮定により、 $Y_2 = Y_1$ ,  $Z_2 = Z_1$ の筈である。

【0012】5. ロボットコントローラRCに、 $\alpha = (X_2 - X_1) / (n_2 - n_1)$ の計算を行わせてスケールファクタ $\alpha$ を求め、記憶させる。

【0013】(3) センサ4のセンシング位置を示すライン50よりも左方のコンベア1上にワークWをセットした上でコンベア1を走行させ、ワークWがセンサ4で検出された瞬間(ライン50に到達した瞬間)におけるパルスコード出力値 $n_s$ をロボットコントローラRCに記憶させる。

【0014】(4) コンベア1を更に走行させ、ロボットRBにトラッキング動作を開始させるに適した位置60にワークWをもって来る。そして、その時のパルスコード計数出力値 $n_{60}$ または $\Delta n_{60-s} = n_{60} - n_s$ をロボットコントローラRCに記憶させる。

【0015】(5) コンベア1を再び更に走行させ、ロ

ボットRBが所期の作業(例えば、ハンドによる把持)を行うに適した位置にワークWをもって来る。

(6) その時のパルスコード計数出力値 $n_{tc}$ または $\Delta n_{tc-s} = n_{tc} - n_s$ をロボットコントローラRCに記憶させる。

【0016】(7) ロボットRBに所期の作業(例えば、ハンドによる把持)の実行に必要な動作を教示する。

(8) コンベア1を再び更に走行させ、ロボットRBのトラッキング動作を終了させるに適した位置70にワークWをもって来る。そして、その時のパルスコード計数出力値 $n_{70}$ または $\Delta n_{70-s} = n_{70} - n_s$ をロボットコントローラRCに記憶させる。

(9) 以上で、トラッキング実行の為の準備作業が完了するので、トラッキングによる本作業を開始する。システムの動作推移を簡単に記せば、次のようになる。

1. ワークWをコンベア上に供給する。

2. ワークWがライン50を通過する際にセンサ4がこれを検知し、ロボットコントローラRCへ伝える。

3. その時点におけるパルスコード計数出力値 $n_s'$ をロボットコントローラRCに記憶する。

【0017】4. コンベア1が更に走行し、パルスコード計数出力値が、 $n_s' + \Delta n_{60-s} = n_s' + (n_{60} - n_s)$ に達した時点で、トラッキング座標系 $\Sigma_{tr}$ の移動を開始させる。移動量は、パルスコード3の計数出力値のインクリメンタル量にスケールファクタ $\alpha$ を乗じて決定される。ロボットRBの再生運転をこのトラッキング座標系に準拠して行なえば、ロボットRBはワークWを追尾してワークWに追いつき、トラッキングを継続しながら所期の動作(例えば、ワークWの把持)を行なう。

【0018】5. コンベア1が更に走行し、パルスコード計数出力値が、 $n_s' + \Delta n_{70-s} = n_s' + (n_{70} - n_s)$ に達した時点で、トラッキング座標系 $\Sigma_{tr}$ の移動を終了させる。

6. ロボットRBの残りの動作(例えば、把持したワークWの移動)を実行させる。以上で、ライトラッキングによる1作業サイクルが終了する。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来の方法の内、上記(1)の方法は治具及び作業効率に関連した難点がある。一方、上記(11)のトラッキングによる方法によれば、治具が不要になるとともにコンベア1を停止させることなくロボットに作業を行なわせることが出来るので、作業効率を高く保つことが出来る。

【0020】しかし、従来のトラッキング方法には作業精度上の問題がある。その第1は、搬送手段上におけるワークWの位置・姿勢のバラツキがロボットに認識されていないことによる作業精度の低下の問題である。例えば、多角形状のワークをロボットハンドで把持するアプリケーションにおいて、ワークWの位置や姿勢が教示

時のそれからずれた場合には、ロボットが把持態勢に入る際に干渉事故を起こしたり、把持に失敗したりする恐れがある。

【0021】また、第2の問題として、コンベアが速度をもっていることによるトラッキング誤差の問題がある。従来のトラッキング方法においては、ワークWが位置50に到達した瞬間のバルスコーダ3の計数出力値の検出/記憶には、ロボットコントローラのプロセッサ（中央演算処理装置、以下CPUと言う。）の入力信号スキャン周期による時間遅れがある。

【0022】この時間遅れの大きさは、採用されるロボットシステムにもよるが、数10msecに達する。一例をあげれば、最大28[msec]であり、コンベア速度を600[mm/sec]とした場合、 $600 \times 0.028 = 16.8$ mmと無視出来ない大きさになる。このような誤差を補償することは難しく、コンベア走行方向（ここでは、X軸及びx軸の方向）についてトラッキング誤差を生じる原因となっている。

【0023】そこで、本願発明の基本的な目的は、作業効率を落とすことなく、作業対象物の搬送手段上における位置・姿勢のずれをロボットに正しく認識させてトラッキング動作を行なわせる方法を提供することにある。また、本願発明は、入力信号スキャン周期による作業対象物移動方向の作業精度の低下の問題を併せて解決しようとするものである。

【0024】

【問題点を解決するための手段】本願発明は上記課題を解決する為の構成として、「搬送手段による対象物の搬送経路の近傍に、前記搬送経路の上流側から順に前記対象物の到来を検出する対象物到来センサ手段とカメラ手段を配置し、前記カメラ手段を有する視覚センサを用いて前記搬送手段によって搬送中の前記対象物の画像を取得し、該画像を解析することによって前記対象物の位置を表わす信号を前記視覚センサ内で生成し、該対象物の位置を表わす信号と前記対象物到来センサ手段の出力信号と前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号に基づいて、ロボットコントローラ内でロボット制御信号を生成するロボットのビジュアルトラッキング方法であって、前記対象物到来センサ手段による対象物の到来検知を視覚センサが認識した時点と前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号とに基づいて認識した時点で前記対象物の画像の取得がなされ、前記対象物到来センサ手段による対象物の到来検知を前記ロボットコントローラが認識した時点と前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号とに基づいて認識した時点で前記ロボットのトラッキング動作が開始され、前記トラッキング動作実行中のロボット位置は、前記取得された対象物の画像を解析

して得られる前記対象物の位置を表わす信号を考慮して、前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号によって移動量が定められるトラッキング座標系上で制御されることを特徴とする前記ビジュアルトラッキング方法」（請求項1）を提案したものである。

【0025】また、上記方法において更にトラッキング動作の終了時点についても、トラッキング動作の開始時点の決め方と同様の考え方を適用する為に、「前記対象物到来センサ手段による対象物の到来検知を前記ロボットコントローラが認識した時点と前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号とに基づいて認識した時点で前記ロボットのトラッキング動作が終了される」（請求項2）という要件を更に課した方法を提案したものである。

【0026】

【作用】本願発明は、従来解決が困難であったロボットコントローラのCPUの入力信号スキャン周期による時間遅れの問題を、視覚センサを用いて解決した点に最も重要な特徴がある。即ち、視覚センサを用いて対象物の位置ずれを検出した場合、視覚センサとロボットコントローラが対象物の移動に関して共通した認識を持つ条件が満たされていれば、視覚センサによる対象物の位置ずれの検出結果にはロボットコントローラのCPUの入力信号スキャン周期による時間遅れが取り込まれている。

【0027】従って、定点で対象物の到来を検出するセンサが対象物の到来を検出した時点自体を、厳密にロボットコントローラが認識しなくとも、視覚センサの検出結果を用いてこれを補償出来ることになる。

【0028】より具体的に言えば、本願発明においては、コンベアのような搬送手段の搬送経路の近傍に、上流側から順に対象物の到来を検出するセンサと視覚センサのカメラ手段が配置される。そして、カメラ手段を有する視覚センサは搬送手段によって搬送中の対象物の画像を取得し、該画像を解析することによって対象物の位置を表わす信号（通常は位置ずれ量を表現する。）を前記視覚センサ内で生成する。

【0029】ロボットコントローラは、この対象物の位置を表わす信号と対象物到来センサ手段の出力信号と前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号（通常はバルスコーダから得られる。）に基づいて、ロボット制御信号を生成する。

【0030】視覚センサによる対象物の画像の取得は、対象物到来センサ手段による対象物の到来検知を視覚センサが認識した時点と前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号（バルスコーダ計数出力で表現される）に基づいて認識した時点で実行される。

【0031】同様に、ロボットのトラッキング動作は、対象物到来センサ手段による対象物の到来検知をロボッ

10

20

30

40

50



トコントローラが認識した時点とを起点として第2の所定距離の対象物搬送が行なわれたことを前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号（バルコード計数出力で表現される）に基づいて認識した時点で実行される。

【0032】また、ロボットのトラッキング動作の終了についても、対象物到来センサ手段による対象物の到来検知をロボットコントローラが認識した時点とを起点として第3の所定距離の対象物搬送が行なわれたことを前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号（バルコード計数出力で表現される）に基づいて認識した時点で実行しても良い。

【0033】トラッキング動作実行中のロボット位置は、前記取得された対象物の画像を解析して得られる前記対象物の位置を表わす信号を考慮して、前記搬送手段による対象物の搬送量を表わす信号によって移動量が定められるトラッキング座標系上で制御される。即ち、動作プログラムによって指定された経路データは、コンベア同期的に移動するトラッキング座標系上データとして解釈され、且つ、そのデータから算出されるロボット経路が視覚センサによる対象物の位置情報（通常は、姿勢を含む位置ずれデータで与えられる）に基づいて補正される。

【0034】この時、コンベアの走行方向以外の位置ずれ成分についてもロボット位置が補正されるので、結局、いずれの方向に関しても高いトラッキング精度が実現されることになる。

【0035】

【実施例】図2は、本願発明の方法を実施する際の全体配置の1例を、図1と類似した形式で示したものである。同図において、1はワーク供給源（例えば、最終プレス工程実行部）に接続された直線搬送コンベアを表わしている。このコンベア1の駆動軸は駆動部2に内蔵されたモータによって駆動される。この駆動軸乃至駆動モータの回転量はパルスコード3によってパルス列の形で出力される。符号4、4'（4'は以後記載省略）は、図1で示したと同様のセンサであり、コンベア1上に載置されて搬送されて来るワークWを検出位置50で検出する。

【0036】符号VSは、画像処理装置20とカメラ30（例えば、CCDカメラ）から構成される視覚センサを表わしており、符号31はカメラ30の視野を表わしている。図中に破線で示したように、画像処理装置20はロボットコントローラRCに内蔵された形態をとる。

【0037】ロボットコントローラRCは、ロボット制御部10を有し、このロボット制御部10は内蔵された画像処理装置20からワークWの位置・姿勢を表わす検出信号を得てロボットRBの制御に利用する。また、ロボットコントローラRCはセンサ4に接続されており、その検出信号を利用してワークWの到来を認識する。

【0038】以下、図2の配置に対応したシステム構成

の一例を要部ブロック図で記した図3を参照図に加えて、実施例について更に説明する。

【0039】まず先に、ロボットコントローラRCに内蔵された画像処理装置20の構成と機能について概略を説明する。図3において、画像処理装置20はマイクロプロセッサからなるCPU（中央演算処理装置）21を有し、CPU21にはカメラインターフェイス22、フレームメモリ（画像メモリ）23、プログラムメモリ24、画像処理プロセッサ25、データメモリ26、モニタインターフェイス27がバスBSを介して各々接続されている。

【0040】カメラインターフェイス22にはカメラ30が接続されており、カメラインターフェイス22を介して撮影指令が送られると、カメラ30に設定された電子シャッター機能（シャッタースピードは、例えば1000分の1秒）により撮影が実行され、カメラインターフェイス22を介して映像信号がグレースケール信号の形でフレームメモリ23に格納される。モニタインターフェイス27にはモニタCRT40が接続されており、カメラ30が撮影中の画像、フレームメモリ23に格納された過去の画像、画像処理プロセッサ25による処理を受けた画像等が必要に応じて表示される。

【0041】フレームメモリ23に格納されたワークWの映像信号は、プログラムメモリ24に格納された解析プログラムに従って画像処理プロセッサ25を利用して解析され、ワークWの位置が求められる。ここでは、ワークWは図2中に符号Wa、Wbで示した2点の特徴点を有しているものとして、Wa、Wbの位置が計算され、それに基づいて姿勢も計算される。

【0042】データメモリ26は、視覚センサシステムに関連した各種の設定値を格納する領域と、CPU21が実行する各種処理に必要なデータの一時記憶に利用される領域を含んでいる。そして、CPU21はロボットコントローラRC内部でバスBSを介して次に説明するロボット制御部10のCPU11にバス結合されている。これによって、視覚センサ20全体は実質的にロボット制御部10と一体の機器として構成されることになる。即ち、符号10、20を含む全体が視覚センサ内蔵型のロボットコントローラRCを構成している。

【0043】ロボット制御部10は、バスBSを介して画像処理装置20のCPU21とバス結合されたCPU11を有している。このCPU11には、システム全体を制御する為のプログラムが格納されたROM12、CPU処理の為のデータの一時記憶に使用されるRAM13、動作プログラム、座標系設定データ、その他各種設定パラメータ等が格納される不揮発性メモリ14、ハンドを含むロボットRBの機構部にサーボ回路16を介して接続された軸制御器15、デジタルシグナルプロセッサ（DSP）用データメモリ17、デジタルシグナルプロセッサ（以下、「DSP」と言う。）18及びセンサ

4の為のセンサインターフェイス19が、各々バスB S'を介して接続されている。

【0044】DSP18は、これに接続されたバルスコード3の計数出力信号を処理する為のプロセッサで、DSP用データメモリ17はDSP18による諸処理データや設定パラメータを格納するDSP専用のメモリである。DSP18は、CPU11の命令に従って、任意の時点においてバルスコード3の計数出力を検出し、DSP用データメモリ17の所定エリアに書き込む機能を有している。また、画像処理装置20のCPU21から

【0045】以下、このようなシステム構成と機能を前提に、本願発明の方法を実施する為の準備作業及び処理手順について説明する。なお、画像処理装置20のプログラムメモリ24、データメモリ26及びロボット制御部10内の各メモリには、予め必要な処理を実行する為のプログラム及び関連設定データが格納済みであるものとする。

【0046】また、ロボットRBの動作としては、

(1)ワークWがトラッキング範囲の開始ライン60に到達した時点から、P0を初期位置とするトラッキング移動を開始し、(2)教示位置Q0でワークWと遭遇し、(3)ワークWがトラッキング範囲の終了ライン70(位置Q1)に到達するまでにワークWをハンドで把持する作業を完了し、(4)コンベア1上から側方に離隔した位置Q2まで直線移動してワークWを把持状態を終了する、というものを考える。

【0047】〔準備作業〕準備作業は、図1に関連させて説明した従来の作業に、視覚センサに関連した若干の作業が加わるだけである。

(1)トラッキング座標系の設定

ロボットRBとコンベア1の座標系の共有化を行なう為に、トラッキング座標系を設定する。ここでは、X軸をコンベアの走行方向に合わせてロボットRBに設定済みのベース座標系 $\Sigma_b$ に対して、同じ姿勢のトラッキング座標系 $\Sigma_{tr}$ を設定する。そして、トラッキング座標系 $\Sigma_{tr}$ が移動を開始するまでの両者の座標値の関係は、( $x = X - L_0$ ,  $y = Y - Y_0$ ,  $z = Z$ )で表わされるものとする。 $L_0$ 及び $Y_0$ は定数であり、その数値データは

【0048】(2)センサ座標系 $\Sigma_s$ の設定  
適当な手段により、視覚センサVSにセンサ座標系 $\Sigma_s$ を設定する。例えば、ベース座標系 $\Sigma_b$ 上の座標値が判っている位置に公知のキャリブレーション用治具を配置し、画像処理装置20のプログラムメモリ24に格納済みのキャリブレーション用のプログラムを起動させて、カメラ30の画素値データをセンサ座標系 $\Sigma_s$ のデータに換算する為のデータを画像処理装置20のデータメモ

リ26に記憶する。また、センサ座標系 $\Sigma_s$ とベース座標系 $\Sigma_b$ の関係を表わすデータをロボット制御部10の不揮発性メモリ14に記憶する。

【0049】(3)スケールファクタの決定

従来と同様の下記手順により、コンベア1の走行距離dとバルスコード3の計数出力(インクリメンタル量 $\Delta n$ )との関係を表わすスケールファクタ $\alpha = d / \Delta n$ を求める。

【0050】1. ロボットRBの動作範囲の位置にワークをセットし、その時のバルスコード3の計数出力 $n_1$ をロボットコントローラRCに記憶する。

2. ロボットRBを手動操作して、ワークW上の適当な定点にタッチし、その時のロボット位置( $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $Z_1$ )をロボットコントローラRCに記憶させる。

【0051】3. コンベア1を適当な距離だけ走行させ、ロボットRBの動作範囲内の適当な位置にワークを停止させ、その時のバルスコード3の計数出力 $n_2$ をロボットコントローラRCに記憶する。

4. ロボットRBを手動操作して、ワークW上の適当な定点にタッチし、その時のロボット位置( $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $Z_2$ )をロボットコントローラRCに記憶させる。

5. ロボットコントローラRCに、 $\alpha = (X_2 - X_1) / (n_2 - n_1)$ の計算を行わせてスケールファクタ $\alpha$ を求め、ロボットコントローラRCの不揮発性メモリ14と画像処理装置20のデータメモリ26に記憶する。

【0052】(4)センサ4のセンシング位置を示すライン50よりも左方のコンベア1上にワークWをセットした上でコンベア1を走行させ、ワークWがセンサ4で検出された瞬間(ライン50に到達した瞬間)におけるバルスコード計数出力値 $n_s$ をロボット制御部10のDSP用データメモリ17と画像処理装置20のデータメモリ26に記憶する。

【0053】(5)コンベア1を走行させ、センサ4を通過したワークWをカメラ30の視野31内の適当な位置にもってくる。この時点におけるバルスコード計数出力値 $n_{30}$ と先に記憶した $n_s$ から $\Delta n_{30-s} = n_{30} - n_s$ を計算し、メモリ26に記憶する。また、カメラ30による撮影を実行し、ワークWの画像を基準画像として取り込み、フレームメモリ23に格納する。

【0054】(6)コンベア1を更に走行させ、ロボットRBにトラッキング動作を開始させるに適した位置60にワークWをもって来る。そして、その時のバルスコード計数出力値 $n_{60}$ と先に記憶した $n_s$ から $\Delta n_{60-s} = n_{60} - n_s$ を計算して、DSP用データメモリ17に記憶する。

【0055】(7)コンベア1を再び更に走行させ、ロボットRBが所期の作業(例えば、ハンドによる把持)を行うに適した位置にワークWをもって来る。

(8)その時のバルスコード計数出力値 $n_{tc}$ と先に記憶した $n_s$ から $\Delta n_{tc-s} = n_{tc} - n_s$ を計算して、DSP

用データメモリ17に記憶する。

【0056】(9) ロボットRBに所期の作業(例えば、ハンドによる把持)の実行に必要な動作を教示する。ここでは、ハンドの開閉による把持を教示する。

【0057】(10) コンベア1を再び更に走行させ、ロボットRBのトラッキング動作を終了させるに適した位置70にワークWをもって来る。そして、その時のパルスコード計数出力値 $n_{70}$ と先に記憶した $n_s$ から $\Delta n_{70-s} = n_{70} - n_s$ を計算し、DSP用データメモリ17に記憶する。

(11) ワークWを解放する位置Q2をロボットに教示し、更にハンドの開閉によるワークWの解放を教示する。

【0058】以上で、トラッキング実行の為の準備作業が完了する。次に、図4のフローチャートを参照して、トラッキングによる本作業実行時のCPU処理について説明する。ワークWがコンベア1に供給されたことを知らせる適当な外部信号を受けて、処理が開始されると、両CPU11、21はセンサ4によるワークWの到来を待つ態勢に入る(ステップS1)。センサ4によってワークWの到来が検出されると、その時点におけるパルスコード計数出力値 $N_s$ がDSP用メモリ17とデータメモリ26に記憶される(ステップS2)。

【0059】次に、ワークWが上記準備作業の中で視覚センサに教示された撮影位置に到来するのを待つ態勢に入る(ステップS3)。教示された撮影位置への到来は、パルスコード計数出力値 $N$ が、 $N_s + \Delta n_{30-s}$ に達したことで判別される。この $\Delta n_{30-s}$ は、スケールファクタ $\alpha$ を媒介にして、センサ4から撮影位置までの距離を表わす量となっている。

【0060】ワークWが教示された撮影位置に到来したならば、カメラ30による撮影を実行し、準備作業時に得た基準画像データと比較し、ワークW上の2点 $W_a$ 、 $W_b$ の基準位置からのずれ量を求め、結果を表わすデータをロボット制御部10へ伝達する(ステップS4)。

【0061】次に、ワークWが上記準備作業の中で教示されたトラッキング開始位置(ライン60)に到達するのを待つ態勢に入る(ステップS5)。教示されたトラッキング開始位置への到達は、パルスコード計数出力値 $N$ が、 $N_s + \Delta n_{60-s}$ に達したことで判別される。この $\Delta n_{60-s}$ は、スケールファクタ $\alpha$ を媒介にして、センサ4からトラッキング開始位置までの距離を表わす量となっている。

【0062】ワークWが教示されたトラッキング開始位置に到達したならば、トラッキング座標系 $\Sigma_{tr}$ の移動を開始させる(ステップS6)。トラッキング座標系 $\Sigma_{tr}$ の移動開始後のベース座標系 $\Sigma_b$ との関係は次のようになる。任意の時点におけるトラッキング座標系上の座標値 $(x, y, z)$ は、ベース座標系上の座標値 $(X, Y, Z)$ とは下記の関係にある。

$x = X - L_0 + \alpha(N - N_s)$ 、 $y = Y - Y_0$ 、 $z = Z$   
ここで、 $\alpha$ は準備作業で求めたスケールファクタ、 $L_0$ 、 $Y_0$ はトラッキング座標系の移動開始前の原点位置の関係を表わす既知の定数である。また、 $N$ はその時点において、ロボットコントローラRCのロボット制御部10のCPU11が認識するパルスコード計数出力値を表わしている。

【0063】トラッキング座標系の移動が開始された直後に(場合によっては、先行しても良い)、動作プログラムを読み込んでトラッキング座標系上でロボットRBの経路移動を開始させる(ステップS7)。但し、この時補間計算周期で繰り返される移動目標位置の計算にあたっては、ステップS4で求められた位置ずれ量を補償するようなロボット位置(通常、姿勢も含む)の補正を行なう。

【0064】ロボットRBは、ほぼ図2に符号90で示したような曲線軌道に沿って教示位置Q0(正確に言えば、それをステップS4で求められた位置ずれ量を補償するように補正した位置)に接近して行くことになる。なお、線軌道80は、仮にベース座標系 $\Sigma_b$ 上でロボットRBを制御した場合の移動経路を表わしている。移動速度を適当な値に教示しておけば、ロボットRBはワークWが位置Q0に到達する直前にワークWに遭遇する。

【0065】そこで、ワークWが位置Q0に到達したことを確認した時点でハンドによるワークWの把持動作を実行する(ステップS8～ステップS9)。この間、ロボットRBはトラッキング座標系乃至コンベア1と同期的に移動を継続する。ワークWが位置Q0に到達したことの確認は、パルスコード計数出力値 $N$ が、 $N_s + \Delta n_{tc-s}$ に達したことで行なわれる。

【0066】次いで、ワークWが上記準備作業の中で教示されたトラッキング終了位置(ライン70)に到達するのを周期的に検出する態勢に入る(ステップS10)。教示されたトラッキング終了位置への到達は、パルスコード計数出力値 $N$ が、 $N_s + \Delta n_{70-s}$ に達したことで判別される。この $\Delta n_{70-s}$ は、スケールファクタ $\alpha$ を媒介にして、センサ4からトラッキング終了位置までの距離を表わす量となっている。

【0067】ワークWが教示されたトラッキング終了位置に到達したならば、トラッキング座標系 $\Sigma_{tr}$ の移動を終了させる(ステップS11)。この時点では、当然ロボットRBは完全にワークWを把持した状態にあるので、次の教示点Q2へ通常の軌道計画に従って移動し、ハンドを開いてワークWを解放する(ステップS12)。以上で、本願発明の方法による1作業サイクルが完了する。

【0068】最後に、本願発明の方法におけるコンベア走行方向に関するトラッキング誤差について考察してみると次のことが判る。

(1) センサ4を通過した瞬間のパルスコード計数出力



値 $N_s$ は、ロボットと視覚センサで同時刻に認識される。ここで、ロボットコントローラの入力信号スキャン周期による処理遅れによって、コンベア1が $\delta$ パルス分だけ進んでいたものとする。

【0069】(2) 視覚センサは、 $N_s$ を起点としてパルスコード計数出力値 $N$ を数え、対象物 $W$ の検出を行なう。この時の検出タイミングについても、コンベア1は $\delta$ パルス分進んでいる。従って、コンベア1上の検出対象物 $W$ も検出画像内で $\delta$ パルス分進んでいる。

【0070】(3) 視覚センサは、その検出画像の解析結果をそのままロボットへ知らせるので、結局、 $\delta$ パルス分の進み(入力信号スキャン周期によるコンベア走行方向に沿ったずれ)とそれ以外の要因によるワークの位置ずれの双方がロボットに知らされることになる。

【0071】(4) 以上のことから、入力信号スキャン周期によるトラッキング方向(コンベア走行方向)に沿った検出対象物のずれも視覚センサによって、「(時間軸上ではなく空間上の)検出対象物の位置ずれ」として処理される。その結果、入力信号スキャン周期によるトラッキング誤差が抑止されたトラッキング動作が実現される。

【0072】なお、上記実施例では、トラッキングの終了をトラッキングの開始と同様の方法で決定したが、トラッキングの終了時点については種々の決め方が許容される。例えば、作業に支障のない条件でトラッキング継続時間を指定したり、ベース座標系 $\Sigma_b$ 上の $X$ 軸方向の定位置を指定することによってトラッキング動作の終了時期を決定しても良い。また、ロボット作業が把持作業に限られないことはもちろんである。更に、本実施例のようなライントラッキングに限らず、円弧トラッキングにおいても、トラッキング座標系の移動/回転経路を適切に定めれば本願発明が適用可能であることも明らかである。

【0073】

【発明の効果】本願発明によれば、ロボットシステムの入力信号スキャン周期に起因した作業対象物の移動方向のトラッキング誤差が補正される。また、作業対象物の姿勢のばらつき、移動方向と垂直な方向の位置決め状態のばらつき等に起因したトラッキング誤差についても、視覚センサの働きにより同時に補正が行なわれる。従って、移動中の作業対象物を停止させることなく、高い精度のロボット作業が実現される。

【0074】また、ワーク $W$ の形状、寸法等に多様な変更があっても、治具を使用する場合のように個別あるいは汎用の治具を用意する必要がなく、カメラの配置変更や画像解析のソフトウェアあるいは関連パラメータ変更

・追加等に対処出来るという利点もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のトラッキング動作の原理について説明する図である。

【図2】本願発明の方法を実施する際の全体配置の1例を、図1と類似した形式で示したものである。

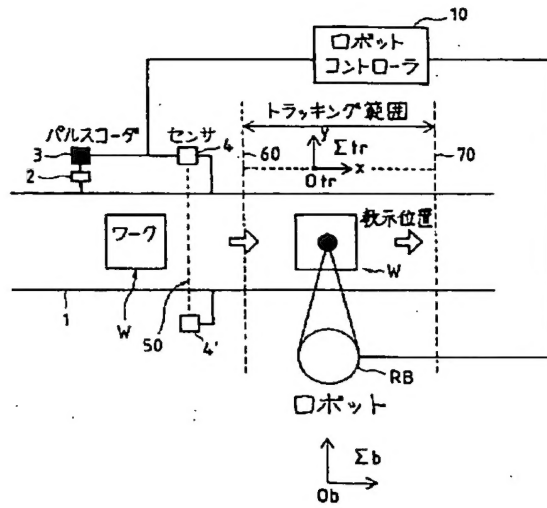
【図3】図2の配置に対応したシステム構成の一例を要部ブロック図で示したものである。

【図4】実施例における処理内容の概略を記したフローチャートである。

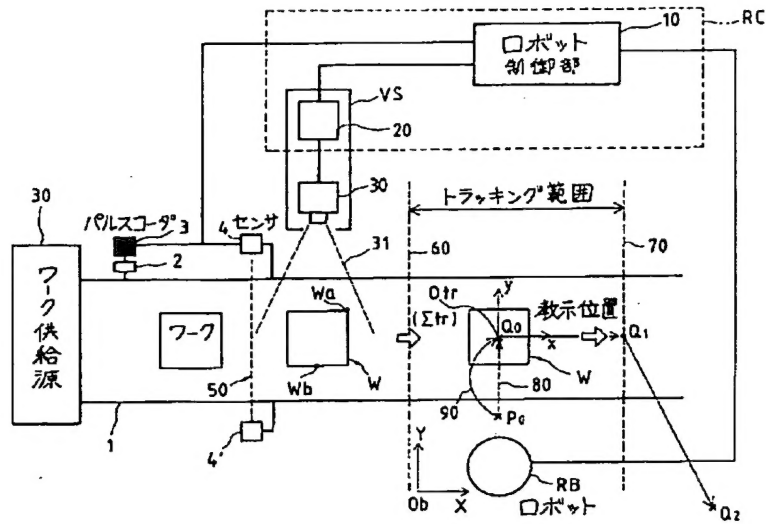
【符号の説明】

- 1 コンベア
- 2 コンベア駆動部
- 3 パルスコード
- 4 センサ
- 10 ロボット制御部
- 11 CPU(ロボットコントローラ)
- 12 ROM
- 13 RAM
- 14 不揮発性メモリ
- 15 軸制御器
- 16 サーボ回路
- 17 デジタルシグナルプロセッサ(DSP)用データメモリ
- 18 デジタルシグナルプロセッサ(DSP)
- 19 センサインターフェイス
- 20 画像処理装置
- 21 CPU(画像処理装置)
- 22 カメラインターフェイス
- 23 フレームメモリ
- 24 プログラムメモリ
- 25 画像処理プロセッサ
- 26 データメモリ
- 27 モニタインターフェイス
- 30 カメラ
- 31 視野
- 40 モニタCRT
- 50 検出位置ライン
- 60 トラッキング開始ライン
- 70 トラッキング終了ライン
- BS、BS'、BS'' パス
- P0 ロボット初期位置
- RB ロボット
- RC ロボットコントローラ
- VS 視覚センサ
- W ワーク

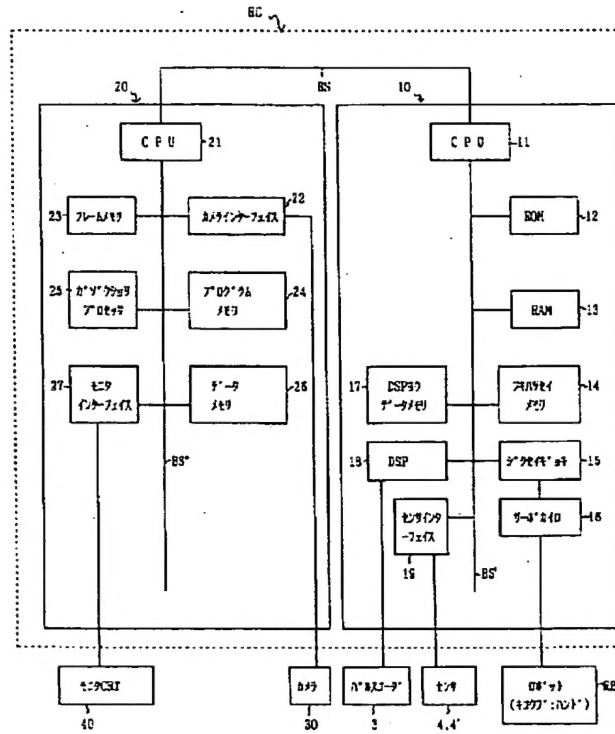
【図 1】



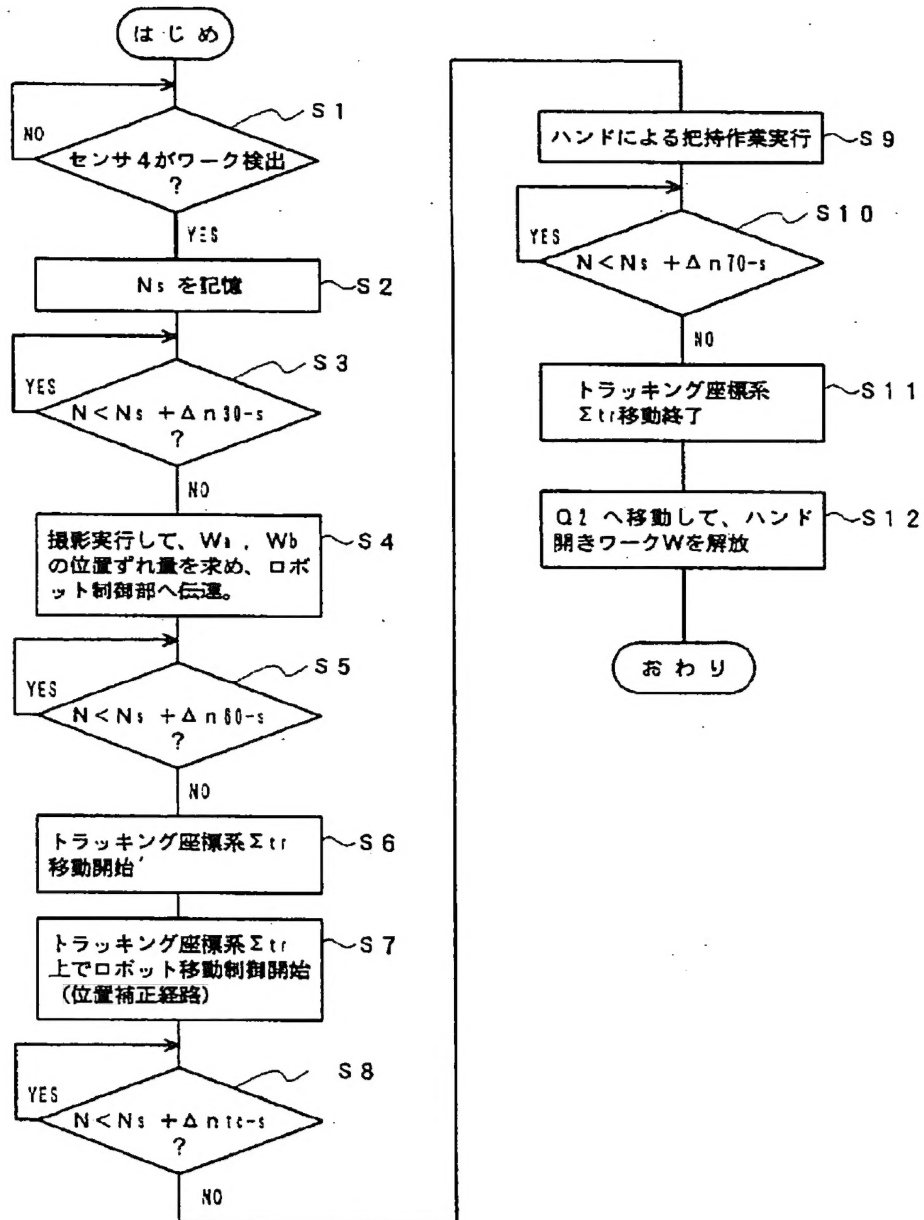
【図 2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

B 65 G 43/08

G 05 B 19/19

19/42

識別記号

片内整理番号

H

F I

技術表示箇所

(72)発明者 大塚 和久  
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番  
地 ファナック株式会社内

(72)発明者 久保田 裕昭  
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番  
地 ファナック株式会社内